

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-121254

(43)Date of publication of application : 23.04.2003

(51)Int.Cl.

G01H 17/00
A63J 5/04
G10K 15/00
H04R 1/02
H04R 17/00

(21)Application number : 2001-316273

(71)Applicant : TAWARA YASUHIKO
TAIHEIYO CEMENT CORP

(22)Date of filing : 15.10.2001

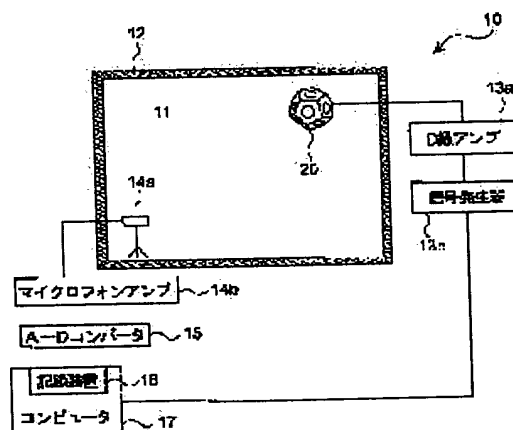
(72)Inventor : TAWARA YASUHIKO
SASAKI SHINICHI
ISHIKAWA KATSUYUKI

(54) ACOUSTIC SIMULATION APPARATUS, AND ACOUSTIC SIMULATION METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an acoustic simulation apparatus provided with a sound source excellent in reproducibility of a generated sound, and a simulation method using the system.

SOLUTION: An acoustic characteristic of an acoustic space 11 is analyzed using the acoustic simulation system provided with a model 12 having the acoustic space 11, a substantially non-directional speaker 20 of a polygonal shape provided with a plurality of piezoelectric speakers 22 and arranged in a prescribed position of the acoustic space 11, an amplifier 13a for driving the plurality of piezoelectric speakers 22, a microphone 14a for receiving a response signal in the acoustic space 11 resulting from the drive of the speaker 20 in the space 11, a microphone amplifier 4b for amplifying an output from the microphone 14a up to a prescribed amplitude, and a computer 17 for analyzing an output signal (that is, the response of the acoustic space) of the microphone amplifier 14b.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

16.04.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-121254

(P 2 0 0 3 - 1 2 1 2 5 4 A)

(43) 公開日 平成15年4月23日 (2003. 4. 23)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
G01H 17/00		G01H 17/00	C 2G064
A63J 5/04		A63J 5/04	5D004
G10K 15/00		H04R 1/02	101 Z 5D017
H04R 1/02	101	17/00	
17/00		G10K 15/00	M
		審査請求 未請求 請求項の数 7	O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-316273 (P 2001-316273)

(22) 出願日 平成13年10月15日 (2001. 10. 15)

(71) 出願人 501400666

田原 靖彦

宮城県仙台市泉区旭丘堤 1 丁目17-10

(71) 出願人 000000240

太平洋セメント株式会社

東京都千代田区西神田三丁目 8 番 1 号

(72) 発明者 田原 靖彦

宮城県仙台市泉区旭丘堤 1 丁目17-10

(74) 代理人 100099944

弁理士 高山 宏志

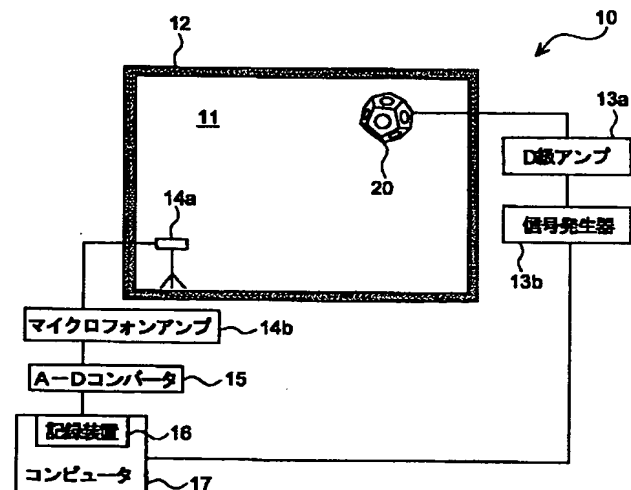
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 音響シミュレーション装置および音響シミュレーション方法

(57) 【要約】

【課題】 発生音の再現性に優れた音源を具備する音響シミュレーション装置と、その装置を用いた音響シミュレーション方法を提供する。

【解決手段】 音響空間 11 を有する模型 12 と、複数の圧電スピーカ 22 を具備し、音響空間 11 の所定位置に配置される略無指向性を有する多面体形状のスピーカ 20 と、複数の圧電スピーカ 22 を駆動するアンプ 13 a と、音響空間 11 においてスピーカ 20 の駆動に起因する音響空間の応答信号を受信するマイクロフォン 14 a と、マイクロフォン 14 a の出力を所定振幅まで増幅するマイクロフォンアンプ 14 b と、マイクロフォンアンプ 14 b の出力信号 (すなわち音響空間の応答) を解析するコンピュータ 17 を具備する音響シミュレーション装置 10 を用いて、音響空間 11 の音響特性を解析する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の音響空間を有する模型と、
圧電音響素子を有し、前記音響空間の所定位置に配置された略無指向性のスピーカと、
前記圧電音響素子を所定の駆動信号によって駆動する駆動装置と、
前記音響空間の所定位置に配置され、前記圧電音響素子の駆動に起因する音響空間の応答信号を受信する受信装置と、
前記受信装置に受信された信号を解析する信号解析装置と、
を具備することを特徴とする音響シミュレーション装置。

【請求項2】 所定の音響空間を有する模型と、
前記音響空間の所定位置に配置された略無指向性のスピーカと、
所定の駆動信号によって前記スピーカを駆動する駆動装置と、
前記音響空間の所定位置に配置され、前記スピーカの駆動に起因する音響空間の応答信号を受信する受信装置と、

前記受信装置が受信した信号を解析する信号解析装置と、
を具備し、
前記スピーカは、
多面体キャビネットと、
前記多面体キャビネットの所定の面に設けられた複数の圧電音響素子と、
を有することを特徴とする音響シミュレーション装置。

【請求項3】 前記複数の圧電音響素子の一部又は全部が、並列に電気接続されたことを特徴とする請求項2に記載の音響シミュレーション装置。

【請求項4】 前記圧電音響素子は、
圧電セラミックス薄板と、
前記圧電セラミックス薄板と貼付された補強板と、
前記圧電セラミックス薄板と前記補強板とを内部に保持し、所定位置に放音口が設けられたケースと、
を有することを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の音響シミュレーション装置。

【請求項5】 前記駆動装置はD級アンプであることを特徴とする請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の音響シミュレーション装置。

【請求項6】 所定の音響空間を有する模型と、
複数の圧電音響素子を具備し、前記音響空間の所定位置に配置される略無指向性スピーカと、
前記複数の圧電音響素子を所定の駆動信号で駆動する駆動装置と、
前記音響空間における所定の受信点に配置され、前記略無指向性スピーカの駆動に起因する音響空間の応答信号を受信する受信装置と、

前記受信装置が受信した信号を解析する信号解析装置と、を用いて、
前記音響空間の音響特性を解析することを特徴とする音響シミュレーション方法。

【請求項7】 前記駆動信号としてタイムストレッチドパルスを用いることを特徴とする請求項6に記載の音響シミュレーション方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、コンサートホール等の音響特性の解析に用いられる音響シミュレーション装置および音響シミュレーション方法に関する。

【0002】

【従来の技術】コンサートホール等の音響空間を有する建造物を建築する際には、建造後に音響空間における音響特性が悪い等の理由で建造物の改造等を余儀なくされるといった不経済を最小限に抑えるために、設計段階においてその音響空間がどのような音響特性を有するかをシミュレーションすることが行われている。また逆に、このような音響シミュレーションを利用して、より優れた音響空間を有する建造物の設計が行われている。

【0003】音響シミュレーションの方法としては、精巧な縮小建築模型を作製してその内部の所定の位置に音源とマイクロフォンを配置し、音源から発せられる信号をマイクロフォンで集音して、得られた信号をコンピュータによって解析する方法が用いられている。

【0004】ここで人間の可聴周波数帯域は一般的に20Hz～20kHzであるが、コンサートホール等では特に50Hz～10kHzの音響特性が重要となるために、音響シミュレーションはこの周波数帯域を対象として行われる。また、縮小された建築模型を用いた音響シミュレーションでは、建築模型の縮尺度に対応させて音源から発せられる信号の波長を変えなければならない。例えば、1/10スケールの建築模型を用いた音響シミュレーションでは、音源から発せられる信号の波長を1/10倍とする、つまり周波数を実大領域の10倍とする必要がある。このために1/10スケールの建築模型を用いた音響シミュレーションでは、500Hz～100kHzの信号を発振可能な音源が必要とされる。さらに音源についても建築模型の縮尺度に対応させて小型化する必要がある。このような事情から、建築模型を用いた音響シミュレーションにおいては、放電現象を利用して、放電時に発生するパルス音を点音源として用いている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、放電によるパルス音の発生は、所定距離離れた電極間に高い電圧を印加して行うために、放電を繰り返し行うと電極の先端が損耗して形状が変化したり、また電極の損耗によって電極間距離が変化する。これによってパルス音が変

化するために、パルス音の再現性が悪いという問題がある。

【0006】正確なシミュレーションを行うためには、同じパルス音の測定をできるだけ多く行ってその平均結果を計算する必要があるために、パルス音の再現性が悪いと、パルス音の測定に長い時間が必要とされるだけでなく、測定されたパルス音についての膨大なデータを処理するための長い時間が必要となってくるという問題がある。

【0007】本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、発生音の再現性に優れた音源を具備する音響シミュレーション装置と、その装置を用いた音響シミュレーション方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】すなわち本発明によれば、所定の音響空間を有する模型と、圧電音響素子を有し、前記音響空間の所定位置に配置された略無指向性のスピーカと、前記圧電音響素子を所定の駆動信号によって駆動する駆動装置と、前記音響空間の所定位置に配置され、前記圧電音響素子の駆動に起因する音響空間の応答信号を受信する受信装置と、前記受信装置に受信された信号を解析する信号解析装置と、を具備することを特徴とする音響シミュレーション装置、が提供される。

【0009】また、本発明によれば、所定の音響空間を有する模型と、前記音響空間の所定位置に配置された略無指向性のスピーカと、所定の駆動信号によって前記スピーカを駆動する駆動装置と、前記音響空間の所定位置に配置され、前記スピーカの駆動に起因する音響空間の応答信号を受信する受信装置と、前記受信装置が受信した信号を解析する信号解析装置と、を具備し、前記スピーカは、多面体キャビネットと、前記多面体キャビネットの所定の面に設けられた複数の圧電音響素子と、を有することを特徴とする音響シミュレーション装置、が提供される。

【0010】さらに本発明によれば、このような音響シミュレーション装置を用いた音響シミュレーション方法が提供される。すなわち、本発明によれば、所定の音響空間を有する模型と、複数の圧電音響素子を具備し、前記音響空間の所定位置に配置される略無指向性スピーカと、前記複数の圧電音響素子を所定の駆動信号で駆動する駆動装置と、前記音響空間における所定の受音点に配置され、前記略無指向性スピーカの駆動に起因する音響空間の応答信号を受信する受信装置と、前記受信装置が受信した信号を解析する信号解析装置と、を用いて、前記音響空間の音響特性を解析することを特徴とする音響シミュレーション方法、が提供される。

【0011】このような音響シミュレーション装置および音響シミュレーション方法によれば、圧電音響素子を所定の信号を駆動して信号を発振させるために、発信音の再現性が良好である。これにより音響シミュレーション

ンに用いるデータの収集および解析を効率的に、かつ、正確に行うことが可能となる。

【0012】圧電音響素子としては、圧電セラミックス薄板と金属箔等の補強板を貼付した振動板を、放音口を有するケースに収納した圧電スピーカが好適に用いられる。また、複数の圧電音響素子を同時に同位相で駆動するために、前記複数の圧電音響素子の一部又は全部が、並列に電気接続され、駆動装置としてはD級アンプが好適に用いられる。圧電音響素子を駆動する駆動信号としてはタイムストレッチドパルスを用いることが好ましく、このタイムストレッチドパルスを用いることで、広い周波数帯域の応答信号を効率よく収集することができる。

【0013】なお、放電現象を利用してパルス音を発生させる場合には、パルス音が、マイクロフォンのみでなく、マイクロフォンに集音された信号を増幅等するマイクロフォンアンプや、マイクロフォンとマイクロフォンアンプとをつなぐケーブルに直接に入り込んでノイズとなるために、このノイズを得られた信号から除去する処理が必要であった。しかし、本発明の音響シミュレーション装置では放電現象を利用しないためにこのようなノイズの発生がなく、この点からもデータ処理を効率的に行うことができる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の音響シミュレーション装置および音響シミュレーション方法の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。図1は音響シミュレーション装置の一実施形態を示す概略の構成図であり、図2は図1に示されるスピーカ20の一実施形態を示す斜視図である。

【0015】音響シミュレーション装置10は、音響空間11を有する模型12と、音響空間11の所定位置に配置されたスピーカ20と、スピーカ20を駆動するアンプ（駆動装置）13aと、アンプ13aに入力する所定の信号（計測音源信号）を発生する信号発生器13bと、音響空間11の所定位置に配置され、スピーカ20から発振される信号による音響空間の応答を受信するマイクロフォン（受信装置）14aと、マイクロフォン14aの出力を所定の振幅まで増幅するマイクロフォンアンプ14bと、マイクロフォンアンプ14bの出力信号をデジタル化するA-Dコンバータ15と、A-Dコンバータ15によってデジタル化された信号データを記録する記録装置16を内蔵し、記録装置16に記録された信号を解析するコンピュータ（信号解析装置）17とを具備している。なお、コンピュータ17は信号発生器13bで発生させる信号の作成および制御の目的にも用いられる。

【0016】模型12は、実際の建造物、例えば、コンサートホールや劇場等の音響空間11を、1/10程度のスケールで精密に再現したものである。この模型12

の縮尺度は、後述するように、スピーカ20から発振可能な音(信号)の周波数の上限値に依存する。模型12は、音響空間11へ雑音が入ることを防ぐために無響室内に置くことが好ましい。

【0017】スピーカ20は、正十二面体形状を有するキャビネット21と、キャビネット21の各面に1個ずつ設けられた圧電スピーカ(圧電音響素子)22から構成されている。図3は圧電スピーカ22の一実施形態を示す断面図であり、圧電スピーカ22は、振動板25がケース26内に保持された構造を有し、振動板25は、圧電セラミックス薄板23を所定の厚さの金属箔(金属板)等の補強板24に接着剤を用いて貼付した構造を有している。

【0018】キャビネット21の素材としては、木材、プラスチック、セラミックス、FRP、金属(必要に応じて表面に絶縁被覆を施したもの)等を用いることができる。例えば、キャビネット21は、各面を形成する1枚の板状部材または複数の面を同時成形したものをその側面どうしを接着剤等を用いて接着することで作製することができ、また、正十二面体の稜を形成している骨部材(フレーム)に各面を形成する板状部材を接着剤やネジで取り付けることで作製することもできる。

【0019】圧電セラミックス薄板23としては、チタン酸ジルコン酸鉛系材料からなり、円板形状を有するものが汎用される。しかし、このような形状に限定されるわけではない。また、補強板24としては、銅箔、リン青銅箔、真鍮箔、ステンレス箔の他、樹脂に金属が貼り付けられたシート等が一般的に用いられる。圧電セラミックス薄板23は厚み方向に分極されており、表裏両面には図示しない電極膜が形成されている。この電極膜に所定の交流電圧を印加すると圧電セラミックス薄板23の有する厚さ-横歪み効果によって振動板25が振動し、音(信号)が発生する。

【0020】こうして発生した音は、ケース26に設けられた放音口26aから放出される。1個の圧電スピーカ22から発振される音は一定の方向に拡がるという指向性を有するが、正十二面体のキャビネット21の各面に圧電スピーカ22を設けることで、スピーカ20から発振される全体的な信号、つまりスピーカ20を鳴らしたときの音は、略無指向的に拡がる。

【0021】ここで「スピーカ20から音が略無指向的に拡がる」とは、スピーカ20を中心とした長さ一定の半径の球面上のいずれの場所においても、スピーカ20から直接に聞こえる音が人間の聴覚では同じ音と認識されるように、スピーカ20から音が出ている状態をいう。換言すれば、スピーカ20を点音源と考えることができることをいう。

【0022】圧電スピーカ22は、低周波から100kHzといった高周波までの広い波長帯域で駆動することができるために、模型12を実物の1/10の大きさ

で小さくすることが可能となる。また、図3に示すように圧電スピーカ22は薄型化、小型化が容易であるために、スピーカ20を小型化してより点音源として好ましい形態に近付けることが可能である。さらに、スピーカ20は圧電スピーカ22の駆動によって所定の信号を発振するために、発振信号の再現性に優れている。

【0023】なお、従来公知のコーン型ウーハやドーム型ツイータ等の磁石を用いた振動体を用いて正十二面体スピーカを構成することは可能であるが、このような磁石を用いた振動体では100kHzといった高周波での駆動は不可能である。このためにスピーカから発振可能な周波数の上限値に合わせて模型の縮尺度を決める必要があり、模型を小型化することが困難である。模型を小型化できない場合には、模型の制作費用が嵩むという問題を生ずる。また、十二面体スピーカを小型化しようとすると磁石がスピーカの内側に集中するために、磁石どうしの干渉が生じて振動体を駆動できなくなるという問題が生ずる。そのために、スピーカ自体を小型化することが困難であり、模型を大きくする必要が生ずる。圧電スピーカ22を用いてスピーカ20を構成すると、このような問題は生じない。

【0024】スピーカ20から略無指向的に音を発振させるためには、12個の圧電スピーカ22を並列に接続して、同時に同位相で駆動する必要がある。圧電セラミックス薄板23は個々に大きなキャパシタンスCを有するために、これらを並列接続すると全体の抵抗が下がることから、A級増幅やB級増幅の手法を用いることが困難である。そこで、アンプ13aとしてはD級増幅を行うアンプ(D級アンプ)が好適に用いられる。図4はアンプ13aの回路構成の一例を示す説明図である。アンプ13aは大略的に三角波発生器51、比較回路(コンパレータ)52、スイッチング回路53、整流回路54から構成される。

【0025】アンプ13aに入力する信号波形のデータはコンピュータ17で作成することができ、コンピュータ17で作成したデータを信号発生器13bに入力し、信号発生器13bで所定の信号を発振させる。

【0026】アンプ13aでは、まず、信号発生器13bで発生させた入力信号と三角波発生器51で発生させた三角波とをコンパレータ52において比較し、デジタル化された信号、例えばPWM(パルス幅変調)信号に変換する。スイッチング回路53においては、PWM信号によって電源55とスピーカ20との間に接続されたスイッチ56(例えば、パワーMOSFET)をON/OFFし、このスイッチング時にPWM信号が電源55の電圧値に依存して電圧増幅される。こうして電圧増幅されたPWM信号は整流回路54に設けられたローパスフィルタ(RPF)57を通すことで元の入力信号に復調される。こうして、結果的に入力信号は所定電圧に増幅されてスピーカ20に設けられた圧電スピーカ22に

同時に入力される。

【0027】12個の圧電スピーカ22が同時に駆動されることによってスピーカ20から発振される音の信号は、略無指向性の状態で音響空間11に放射され、その応答信号がマイクロフォン14aにより受信される。なお、マイクロフォン14aに受信される応答信号には、スピーカ20からの直接音が含まれることはいうまでもない。

【0028】スピーカ20から発振されてマイクロフォン14aに受信され、マイクロフォンアンプ14bで増幅される音の信号はアナログ信号であるから、これをA-Dコンバータ15において所定の周波数、例えば、200kHzでサンプリングしてデジタル信号に変換し、コンピュータ17に設けられたCD-Rやハードディスク等の記録装置16に記録する。こうして記録装置16に記録されたデジタル信号に、コンピュータ17を用いて所定の信号処理（例えば、逆たたみ込み等）を施すことで音響空間11のインパルス応答が求められ、このインパルス応答から、エコータイムパターンや音圧分布、残響時間等の各種の音響特性を求めることができる。このような音響空間11の音響シミュレーションでは、スピーカ20の配置位置やマイクロフォン14aの配置位置を変えることも容易である。

【0029】上述したスピーカ20を用いた音響空間11の音響シミュレーションは、実際に建造されたコンサートホールや劇場等でも行われている実大領域の音響特性の解析と全く同じである。現実建造されたホール等では、直径40cm程度の正十二面体型ダイナミックスピーカを50Hz～10kHzの範囲の周波数信号を含む所定の信号で駆動し、発生する音をマイクロフォンで受信して解析する手法が用いられている。つまり、音響シミュレーション装置10は、現実の建造物で行われている音響特性の解析手法を、模型12に形成された音響空間11の音響シミュレーションに適用することを可能とする。

【0030】実際の音響空間の音響特性の解析手法としては、矩形パルス法、スイープパルス法、M系列相関法等の公知の手法が用いられている。音響シミュレーション装置10では、特に、スイープパルス法を用いることによって、効率的に、音響空間11の音響シミュレーションを行うことが可能となる。スイープパルス法では、信号発生器13bにおいて、例えば、500Hz～100kHzの範囲の周波数を全て含んだタイムストレッチドパルス（TSP）を発生させて、このTSPをアンプ13aに入力して増幅させ、この増幅信号で圧電スピーカ22を駆動して、スピーカ20を所定の音で鳴らす。こうして音響空間11において発生する様々な情報を含んだ音がマイクロフォン14aによって受信され、逆たたみ込みという処理をコンピュータ17を用いて行うことで、インパルス応答を求めることができる。

【0031】以上、本発明の実施の形態について説明してきたが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではない。例えば、スピーカ20は正十二面体形状に限定されるものではなく、音の拡がり方が略無指向性であれば、その他の多面体、例えば、図5(a)に示す多面体形状、図5(b)に示す多面体形状であってもよい。キャビネットを図5(a)に示す多面体形状とした場合には、正六面体の面のみに圧電スピーカ22を設けてもよく、また、正六面体の面に設ける圧電スピーカ22の大きさと正五面体の面に設ける圧電スピーカ22の大きさとを変えてもよい。

【0032】また、図5に示すような面数の多い多面体でなく、逆に正十二面体よりも面数の少ない多面体、例えば、正六面体であってもよい。さらに、所定の厚みを有する半球状の圧電セラミックスを振動体として用いて、略球状の無指向性スピーカを作製し、これを音源として用いることができる。つまり、スピーカ20の形状は多面体に限定されない。

【0033】上記実施の形態では、振動板25がケース26内に収納された圧電スピーカ22をキャビネット21に取り付けてスピーカ20を構成したが、キャビネット21の各面に振動板25を直接に取り付けることも可能である。そして、圧電スピーカ22の外形（外枠形状）を正五角形や正六角形、正三角形等として、これらを互いに接合することで、多面体スピーカを作製することができる。この場合には、キャビネット21を使用することなく、圧電スピーカ22だけで多面体スピーカを構成することができる。

【0034】スピーカ20から発振されてマイクロフォン14aに受信される音の信号はアナログ信号であるから、これをアナログ録音し、アナログ録音した信号をインターフェイスを介してコンピュータ17において所定の周波数でデジタル信号化して解析することもできる。

【0035】

【発明の効果】上述の通り、本発明の音響シミュレーション装置および音響シミュレーション方法によれば、圧電音響素子を所定の信号を駆動して信号を発振させることが可能であるために、従来の放電現象を利用してパルスを発生させる場合と比較して、発信音の再現性が良好で、且つ、電磁波ノイズに対する対策も不要となる。これにより音響シミュレーションに用いるデータの収集および解析を効率的に、かつ、正確に行うことが可能となる。また、音響空間の設計段階で、本発明の音響シミュレーション装置を用いた音響シミュレーションを行うことにより、音響空間の設計変更や音響特性の改善を行うことが容易となり、これにより実際に建造物が完成した後に音響特性を改善するための工事が必要となる等の不経済の発生を抑制することができる。さらに、任意の空間を創造し、その空間を音響特性に優れたものにアレンジすることも容易に行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】音響シミュレーション装置の一実施形態を示す概略構成図。

【図2】図1に示されるスピーカの一実施形態を示す斜視図。

【図3】図2に示されるスピーカを構成する圧電スピーカの一実施形態を示す断面図。

【図4】アンプの回路構成の一例を示す説明図。

【図5】音響シミュレーション装置に用いられる別の多面体スピーカの外觀形状を示す斜視図。

【符号の説明】

11；音響空間

12；模型

13a；アンプ

13b；信号発生器

14a；マイクロフォン

14b；マイクロフォンアンプ

15；A-Dコンバータ

16；記録装置

17；コンピュータ

20；スピーカ

21；キャビネット

22；圧電スピーカ

23；圧電セラミックス薄板

24；補強板

25；振動板

10 26；ケース

51；三角波発生器

52；比較回路（コンパレータ）

53；スイッチング回路

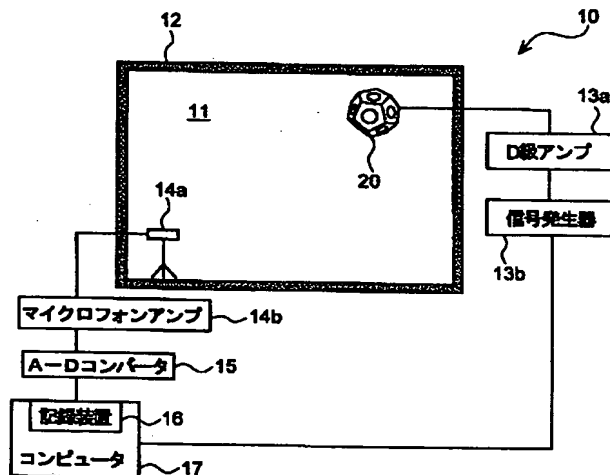
54；整流回路

55；電源

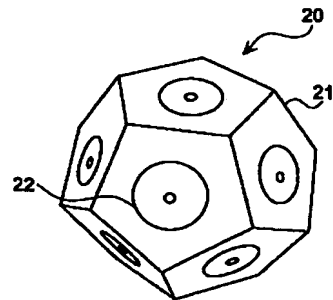
56；スイッチ

57；ローパスフィルタ（RPF）

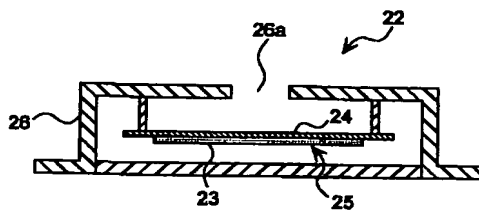
【図1】



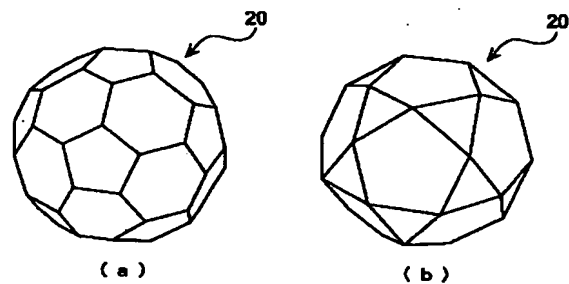
【図2】



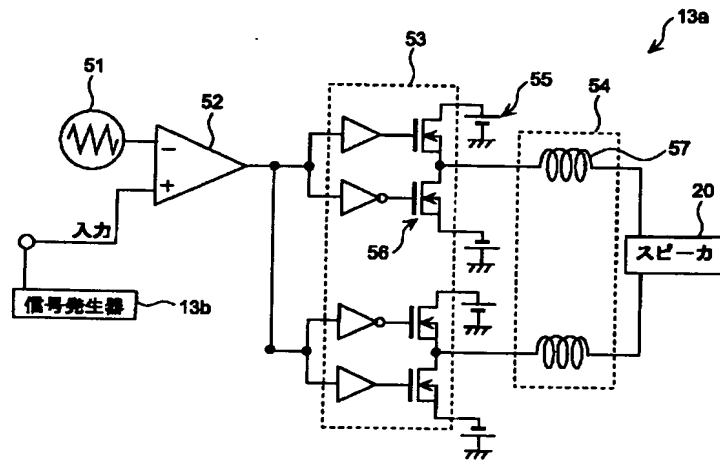
【図3】



【図5】



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 佐々木 伸一
東京都千代田区西神田三丁目 8 番 1 号 太
平洋セメント株式会社内

(72)発明者 石川 勝之
東京都千代田区西神田三丁目 8 番 1 号 太
平洋セメント株式会社内

Fターム(参考) 2G064 AA05 AB01 AB02 AB16 BD02
CC29 DD23
5D004 BB01 DD01
5D017 AD40